

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-136086

(P 2 0 0 2 - 1 3 6 0 8 6 A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002. 5. 10)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	ターコード (参考)
H02K 21/44		H02K 21/44	5H002
H01F 7/04		H01F 7/04	Z 5H621
H02K 1/06		H02K 1/06	Z
1/14		1/14	Z

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全14頁)

(21) 出願番号 特願2000-319579 (P 2000-319579)

(22) 出願日 平成12年10月19日 (2000. 10. 19)

(71) 出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社
東京都品川区南大井 6 丁目26番 1 号

(72) 発明者 桑原 徹

神奈川県川崎市川崎区殿町 3 丁目25番 1 号
いすゞ自動車株式会社川崎工場内

(74) 代理人 100075177

弁理士 小野 尚純

F ターム (参考) 5H002 AA09 AB06 AC04 AE07

5H621 GA02 GA08 GA12 GA16 HH01

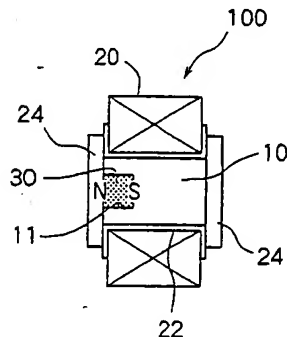
JK05

(54) 【発明の名称】 電磁石と永久磁石の複合磁石

(57) 【要約】

【課題】 電磁石及び永久磁石 3 0 のいずれをも有効に使用することを可能にすること。

【解決手段】 鉄心 1 0 と、鉄心 1 0 の外周面を囲うよう配設されたコイル 2 0 と、磁極が鉄心 1 0 の磁化方向と一致するよう鉄心 1 0 に装着された永久磁石 3 0 とを備えた、電磁石と永久磁石の複合磁石 1 0 0。永久磁石 3 0 は、少なくともその外周面が鉄心 1 0 に囲まれるよう鉄心 1 0 の内部に装着されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 鉄心と、鉄心の外周面を囲うよう配設されたコイルと、磁極が鉄心の磁化方向と一致するよう鉄心に装着された永久磁石とを備えた、電磁石と永久磁石の複合磁石において、

永久磁石は、少なくともその外周面が鉄心に囲まれるよう鉄心の内部に1個又は複数個装着されている、ことを特徴とする電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項2】 永久磁石は、鉄心の磁化方向の一端部及び／又は他端部に装着されている、請求項1記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項3】 鉄心の磁化方向の一端部及び／又は他端部に装着された永久磁石の、鉄心的一端及び／又は他端と同じ側の端面は、鉄心的一端及び／又は他端に取り付けられた磁極板により覆われている、請求項2記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項4】 鉄心は磁化方向の中間部において横断面に沿って2分割され、永久磁石は、鉄心の各々の相互に対向する一端部間に跨がって装着されている、請求項1記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項5】 鉄心の各々の他端には、磁極部が半径方向外側に延び出すよう一体に形成されている、又は磁極板が取り付けられている、請求項4記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項6】 鉄心には磁化方向に延在する貫通孔が形成され、貫通孔の一端部及び／又は他端部、又は中間部には永久磁石が配置され、貫通孔の永久磁石が配置された領域以外の他の領域には磁性材料からなるバー部材が配置され、鉄心的一端及び他端には磁極板が取り付けられ、永久磁石及びバー部材の外周面と貫通孔の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成されている、請求項1記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項7】 鉄心には磁化方向に延在しかつ一端が鉄心的一端に開口し他端が閉塞された一端閉塞孔が形成され、一端閉塞孔の開口端部には永久磁石が配置され、一端閉塞孔の永久磁石が配置された領域以外の他の領域には強磁性材料からなるバー部材が配置され、鉄心的一端には磁極板が取り付けられ、鉄心の他端には、磁極部が半径方向外側に延び出すよう一体に形成されるか又は磁極板が取り付けられ、永久磁石及びバー部材の外周面と一端閉塞孔の内周面との間には、軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成されている、請求項1記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項8】 非磁性領域は、軸方向の全領域にわたって形成された筒形状の中空部により形成されている、又は軸方向の一部領域にわたって形成された筒形状の中空部と他の領域に挿入された非磁性中空部材とにより形成されている、又は軸方向の全領域にわたって挿入された非磁性中空部材により形成されている、請求項6又は請

求項7記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項9】 磁極板の一方及び／又は他方の内側面には凹部が形成され、貫通孔の一端部及び／又は他端部に配置された永久磁石の磁極面の一方を含む一端部は該凹部に嵌合され、該永久磁石の磁極面の他方には凹部が形成され、バー部材の一端面及び／又は他端面には凸部が形成され、バー部材の該凸部は永久磁石の該凹部に嵌合されている、請求項6記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項10】 鉄心には磁化方向に延在する貫通孔が形成され、貫通孔の一端部には永久磁石が配置され、貫通孔の永久磁石が配置された領域以外の他の領域には強磁性材料からなるバー部材が配置され、鉄心的一端及び他端には磁極板が取り付けられ、永久磁石及びバー部材の外周面と貫通孔の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成され、磁極板の他方には凹部が形成され、バー部材の、磁極板の他方側の端部は該凹部に嵌合されている、請求項1記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項11】 鉄心の貫通孔の一端部には大径部が形成され、大径部には非磁性中空部材が嵌合され、非磁性中空部材の一端部側に永久磁石が嵌合され、非磁性中空部材の他端部側にバー部材の一端部が嵌合され、バー部材の一端部以外の残りの領域の外周面と対応する貫通孔の内周面との間には筒形状の中空部が形成されている、請求項6記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項12】 鉄心的一端閉塞孔の一端部には大径部が形成され、大径部には非磁性中空部材が嵌合され、非磁性中空部材の一端部側に永久磁石が嵌合され、非磁性中空部材の他端部側にバー部材の一端部が嵌合され、バー部材の一端部以外の残りの領域の外周面と対応する一端閉塞孔の内周面との間には筒形状の中空部が形成されている、請求項7記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【請求項13】 永久磁石から発生する磁束量とコイルから発生する磁束量とをほぼ等しくするか又はコイルから発生する磁束量の方を大きく規定しかつ該永久磁石が装着された部分における鉄心の横断面の面積がコイルから発生する磁界により磁束が飽和する面積になるように規定されている、請求項1～12のいずれか1項に記載の電磁石と永久磁石の複合磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鉄心と、鉄心の外周面を囲うよう配設されたコイルと、磁極が鉄心の磁化方向と一致するよう鉄心に装着された永久磁石とを備えた、電磁石と永久磁石の複合磁石に関する。

【0002】

【従来の技術】 実公昭63-44930号公報には、鉄心と、鉄心の外周面を囲うよう配設されたコイルと、磁極が鉄心の磁化方向と一致するよう鉄心に装着された永

久磁石とを備えた、電磁石と永久磁石の複合磁石が開示されている。鉄心の外周縁部の周方向の一部には、軸方向に延在する溝が軸方向の中間部に、又は軸方向の一端部から他端にわたって形成され、この溝に永久磁石が嵌合装着されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、永久磁石（例えば、フェライト磁石、希土類磁石等）は、鉄心（一般的には低カーボン鉄材）に比べて透磁率が低い。そして上記複合磁石においては、鉄心の外周縁部の周方向の一部に透磁率の低い永久磁石が装着されているため、コイルに通電して鉄心を磁化したときに、鉄心に生成された磁束を鉄心の磁極面の方に十分効率的に集めることができない。つまり、鉄心の外周縁部の周方向の一部に透磁率の低い永久磁石が装着されているため、鉄心の外周縁部の周方向の一部が磁化方向に遮断され、鉄心の外周縁部の一部に生成された磁束の流れが永久磁石に妨げられ、鉄心の外周縁部の一部に生成された磁束を、鉄心の磁極面的一方で所望のとおり効率的に導くことができない。また鉄心の、永久磁石が存在する領域が、コイルの一部に対し半径方向に遠くなり、コイルの通電に対応した磁束を効果的に発生させることができない。したがってコイルに通電して鉄心を磁化したときに、鉄心に十分効率的に磁束を発生させることができず、電磁石の性能を十分に活用することができない、といえる。また、鉄心の外周縁部の周方向の一部に永久磁石が装着される構成に起因して、永久磁石の横断面積を所要のとおりに十分大きくすることができず、永久磁石を有効に使用することができない。以上を総合すると、電磁石及び永久磁石のいずれをも有効に使用することができない、といえる。電磁石及び永久磁石のいずれをも有効に使用することができないことに起因して、電磁石（鉄心及びコイル）の磁化方向の長さが長くなり、複合磁石全体が大化型して重量が増加すると共に製造コストが高くなる。永久磁石が装着された部分における鉄心の横断面積が、永久磁石の横断面積よりも相当大きくなるので、着磁前の永久磁石を鉄心に組付後、着磁のために磁化力を加えたとき、鉄心に多くの磁束が流れてしまい、永久磁石に所要のとおり十分な着磁を施すことができない。この不具合を解決するためには、着磁後の永久磁石を鉄心に装着しなければならず、組付作業が困難となる。更にはまた、鉄心の外周縁部の周方向の一部に永久磁石が装着される構成に起因して、永久磁石の横断面形状を、円形あるいは矩形といった単純な形状にすることができないこと及び鉄心の外周縁部に溝加工を施すことが比較的困難であること等により、製造コストがアップする、との問題点も存在する。更にはまた、上記複合磁石においては、永久磁石の長さが比較的最長いので、材料費が高価となる。

【0004】本発明の目的は、電磁石及び永久磁石のい

ずれをも有効に使用することを可能にする、新規な電磁石と永久磁石の複合磁石を提供することである。

【0005】本発明の他の目的は、コイルに通電時に磁極面的一方から発生する磁束が同じとした場合、電磁石の磁化方向の長さを従来よりも短くすることを可能にする、新規な電磁石と永久磁石の複合磁石を提供することである。

【0006】本発明の更に他の目的は、全体の構成をコンパクト化しかつ軽量化すると共に製造コストを低減させることを可能にする、新規な電磁石と永久磁石の複合磁石を提供することである。

【0007】本発明の更に他の目的は、着磁前の永久磁石を鉄心に組付後、永久磁石に所要のとおり十分な着磁を施すことを可能にして永久磁石の鉄心への組付作業を容易化することができる、新規な電磁石と永久磁石の複合磁石を提供することである。

【0008】本発明の更に他の目的は、永久磁石の断面形状を単純な形状にすることができしかも鉄心の外周縁部の周方向の一部に溝加工を施す必要もなく、比較的低コストで製造することを可能にする、新規な電磁石と永久磁石の複合磁石を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、鉄心と、鉄心の外周面を囲うよう配設されたコイルと、磁極が鉄心の磁化方向と一致するよう鉄心に装着された永久磁石とを備えた、電磁石と永久磁石の複合磁石において、永久磁石は、少なくともその外周面が鉄心に囲まれるよう鉄心の内部に1個又は複数個装着されている、ことを特徴とする電磁石と永久磁石の複合磁石、が提供される。

【0010】永久磁石は、鉄心の磁化方向の一端部及び／又は他端部に装着されている、ことが好ましい。鉄心の磁化方向の一端部及び／又は他端部に装着された永久磁石の、鉄心の一端及び／又は他端と同じ側の端面は、鉄心の一端及び／又は他端に取り付けられた磁極板により覆われている、ことが好ましい。鉄心は磁化方向の中間部において横断面に沿って2分割され、永久磁石は、鉄心の各々の相互に対向する一端部間に跨って装着されている、ことが好ましい。鉄心の各々の他端には、磁極板が半径方向外側に延び出すよう一体に形成されている、又は磁極板が取り付けられている、ことが好ましい。鉄心には磁化方向に延在する貫通孔が形成され、貫通孔の一端部及び／又は他端部、又は中間部には永久磁石が配置され、貫通孔の、永久磁石が配置された領域以外の他の領域には強磁性材料からなるパー部材が配置され、鉄心の一端及び他端には磁極板が取り付けられ、永久磁石及びパー部材の外周面と貫通孔の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成されている、ことが好ましい。鉄心には磁化方向に延在しかつ一端が鉄心の一端に開口し他端が閉塞された一端閉

塞孔が形成され、一端閉塞孔の開口端部には永久磁石が配置され、一端閉塞孔の、永久磁石が配置された領域以外の他の領域には磁性材料からなるパー部材が配置され、鉄心の一端には磁極板が取り付けられ、鉄心の他端には、磁極板が半径方向外側に延び出すように一体に形成されるか又は磁極板が取り付けられ、永久磁石及びパー部材の外周面と一端閉塞孔の内周面との間には、軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成されている、ことが好ましい。非磁性領域は、軸方向の全領域にわたって形成された筒形状の中空部により形成されている、又は軸方向の一部領域にわたって形成された筒形状の中空部と他の領域に挿入された非磁性中空部材とにより形成されている、又は軸方向の全領域にわたって挿入された非磁性中空部材により形成されている、ことが好ましい。磁極板の一方及び/又は他方の内側面には凹部が形成され、貫通孔の一端部及び/又は他端部に配置された永久磁石の磁極面の一方を含む一端部は該凹部に嵌合され、該永久磁石の磁極面の他方には凹部が形成され、パー部材の一端面及び/又は他端面には凸部が形成され、パー部材の該凸部は永久磁石の該凹部に嵌合されている、ことが好ましい。鉄心には磁化方向に延在する貫通孔が形成され、貫通孔の一端部には永久磁石が配置され、貫通孔の、永久磁石が配置された領域以外の他の領域には強磁性材料からなるパー部材が配置され、鉄心の一端及び他端には磁極板が取り付けられ、永久磁石及びパー部材の外周面と貫通孔の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって非磁性領域が形成され、磁極板の他方には凹部が形成され、パー部材の、磁極板の他方側の端部は該凹部に嵌合されている、ことが好ましい。鉄心の貫通孔の一端部には大径部が形成され、大径部には非磁性中空部材が嵌合され、非磁性中空部材の一端部側に永久磁石が嵌合され、非磁性中空部材の他端部側にパー部材の一端部が嵌合され、パー部材の一端部以外の残りの領域の外周面と対応する貫通孔の内周面との間には筒形状の中空部が形成されている、ことが好ましい。鉄心の一端閉塞孔の一端部には大径部が形成され、大径部には非磁性中空部材が嵌合され、非磁性中空部材の一端部側に永久磁石が嵌合され、非磁性中空部材の他端部側にパー部材の一端部が嵌合され、パー部材の一端部以外の残りの領域の外周面と対応する一端閉塞孔の内周面との間には筒形状の中空部が形成されている、ことが好ましい。永久磁石から発生する磁束量とコイルから発生する磁束量の方をほぼ等しくするか又はコイルから発生する磁束量の方を大きく規定しかつ該永久磁石が装着された部分における鉄心の横断面の面積がコイルから発生する磁界により磁束が飽和する面積になるように規定されている、ことが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従って構成された電磁石と永久磁石の複合磁石の好適実施形態を添付図面

を参照して更に詳細に説明する。なお、図1～図25において、実質上同一部分は同一符号で示されている。また、図面の明確化のため、特に説明上他の部分と区別するために記載した部分を除いては、断面を示すハッチングは省略して図示している。本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石は、鉄心と、鉄心の外周面を囲うよう配設されたコイルと、磁極が鉄心の磁化方向と一致するよう鉄心に装着された永久磁石とを備え、永久磁石は、少なくともその外周面が鉄心に囲まれるよう鉄心の内部に1個又は複数個装着されている。この基本構成は、以下に説明する各実施形態をとおして共通するものである。

【0012】先ず図1及び図2を参照して、本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の一つの実施形態について説明する。全体を番号100で示す電磁石と永久磁石の複合磁石は、鉄心10と、鉄心10の外周面を囲うよう鉄心10の一端部に配設されたコイル20と、磁極が鉄心10の磁化方向と一致するよう鉄心10に装着された永久磁石30とを備えている。永久磁石30は、少なくともその外周面が鉄心10に囲まれるよう、鉄心10の内部に1個、装着されている。図示の実施形態において、鉄心10の磁化の方向は、鉄心10の一端面(図1において左端面)がN極、鉄心10の他端面(図1において右端面)がS極となるよう規定されている。

【0013】更に具体的に説明すると、残留磁束がほとんど残らない材料である磁性材料から形成される鉄心10は、横断面が円形状をなしかつ軸方向にほぼ一定の横断面形状をもって直線状に延在するよう形成されている。鉄心10の軸方向の両端面は、軸線に直交する平面と一致するよう形成されている。鉄心10の磁化方向の一端部には、一端が鉄心10の一端面(図1において左端面)に開口しかつ他端が奥壁により閉塞された一端閉塞孔11が形成されている。ほぼ一定の円形横断面形状をもって軸方向に直線状に延在する一端閉塞孔11は鉄心10と共通の軸線上に位置付けられている。一端閉塞孔11の奥壁面は鉄心10の軸線に直交する平面と一致するよう形成されている。鉄心10の一端閉塞孔11には永久磁石30が装着されている。例えば、Nd-Fe-B系の永久磁石30は、横断面が円形状をなしかつ軸方向にほぼ一定の横断面形状をもって直線状に延在するよう形成されている。永久磁石30の外周面は、鉄心10の一端閉塞孔11の内周面に嵌合装着しうよう、該内周面の直径とほぼ同じ直径を有するよう形成され、また永久磁石30の軸方向長さは、鉄心10の一端閉塞孔11の軸方向長さを実質上同じに形成されている。永久磁石30は、鉄心10の一端閉塞孔11の内周面に嵌合装着されることにより、鉄心10の一端部内に装着される。永久磁石30の一端面(図1において左端面)は、鉄心10の一端面と実質上同一平面上に位置付けられて鉄心10の外側に露呈されるが、永久磁石30の外周面及び他端面(図1において右端面)は、それぞれ、鉄心

10の一端閉塞孔11の内周面及び奥壁に実質上密着して囲まれ(覆われ)、永久磁石30の外側に露呈されることはない。

【0014】鉄心10の外周面にはボビン22が嵌合装着されている。例えば、耐熱性のある合成樹脂材や絶縁紙等、非磁性の絶縁体から形成されるボビン22は、円筒部と、円筒部の軸方向両端に形成された環状フランジとから構成され、環状フランジの各々の軸方向外側面は、ボビン22の軸線に直交する平面と一致するよう形成されている。ボビン22の環状フランジの各々間における円筒部の外周面にコイル20が装着されている。ボビン22は、その円筒部の内周面が鉄心10の外周面に嵌合されることにより鉄心10に装着されている。ボビン22が鉄心10に装着された状態で、ボビン22の軸方向両端面である環状フランジの各々の軸方向外側面は、鉄心10の両端面と実質上共通の、軸線に直交する平面上に位置付けられる(このようにボビン22及び鉄心10の軸方向長さ及び両端面の形状が規定されている)。鉄心10には、鉄心10の軸方向両端面及びボビン22の環状フランジの各々の軸方向外側面の、少なくとも半径方向内側部分を覆うよう、円板形状をなす磁極板24が取り付けられている。例えば、低カーボン鉄材等の軟磁性材から形成される磁極板24の各々は、図示しない複数のボルトにより鉄心10の対応する端面に離脱自在に取り付けられている。磁極板24の一方の内側面は、鉄心10の一端面、永久磁石30の一端面及びボビン22の環状フランジの一方の軸方向外側面にほぼ密着して取り付けられる。また磁極板24の他方の内側面は、鉄心10の他端面及びボビン22の環状フランジの他方の軸方向外側面にほぼ密着して取り付けられる。磁極板24の各々は円板形状に形成されているが、矩形、状、多角形状等、その他の形状であってもよい。なお、永久磁石30に水やダスト等が侵入するのを防止するためには、磁極板24の一方の内側面と、鉄心10の一端面、永久磁石30の一端面及びボビン22の環状フランジの一方の軸方向外側面との間にシーラー等のシーリング材を塗布して、永久磁石30を密封することが好ましい。また、上記ボビン22を、鉄心10の外周面上に塗布後、硬化して絶縁体となるような非磁性材から形成する他の実施形態もある。

【0015】上記のように構成される複合磁石100において、永久磁石30は、未着磁の状態で鉄心10に装着される。複合磁石100の一部として未着磁の永久磁石30が鉄心10に装着された状態において、永久磁石30に着磁を施すに際しては、磁極板24の各々の外側面に永久磁石30を着磁するための磁化力を加える(着磁ヨークの励磁コイルへの通電)と同時にコイル20にも大電流を流して、永久磁石30を囲む鉄心10の部分を磁気飽和又はそれに近い状態にする。その結果、永久磁石30の周囲の鉄心10の部分は磁気飽和又はそれに

近い状態にされるので、永久磁石30を着磁するために加えられた磁化力により鉄心10を流れる磁束は、永久磁石30の部分においてそのほとんどが永久磁石30を通して流れるように導かれ、永久磁石30に所要のとりの着磁が可能になる。これは、永久磁石30の外周面が鉄心10に囲まれるよう、永久磁石30が鉄心10の内部に装着される上記構成に起因するものである。なお、永久磁石30を着磁するための磁化力の付加及びコイル20への通電は、瞬時(例えば、2〜3msec)である。

【0016】上記複合磁石100において、鉄心10の磁化方向は、鉄心10の一端面(図1において左端面)、したがって磁極板24の一方(図1において左方の磁極板24)がN極となり、磁極板24の他方(図1において右方の磁極板24)がS極となるよう予め規定されているので、永久磁石30の一端面(図1において左端面)の磁極はN極に、また他端面(図1において右端面)はS極に、それぞれ着磁される。図3には、複合磁石100において、コイル20に通電されない状態における磁束線の様子が模式的に示されている。永久磁石30の磁束は、磁極板24の一方及び鉄心10内に形成されるループ状の磁気回路を流れ、外部への漏れは実質上防止される。また図4には、複合磁石100において、コイル20に通電された状態における磁束線の様子が模式的に示されている。コイル20に通電されると、鉄心10の上記一端面(したがって磁極板24の一方)がN極、鉄心10の上記他端面(したがって磁極板24の他方)がS極となるよう磁化される。その結果、複合磁石100には、鉄心10に発生した磁束と永久磁石30の磁束とが複合された磁界が形成される。

【0017】上記複合磁石100において、電磁石(主として鉄心10及びコイル20)及び永久磁石30のいずれをも有効に使用することが望まれる。そのためには、永久磁石30の磁束と、コイル20に通電することにより鉄心10に発生する磁束とのバランスを最良にすることが望まれる。これらのバランスを最良にするためには、鉄心10に発生する磁束を、永久磁石30の磁束と同じか又はそれより大きくなるように規定する必要がある。換言すれば、永久磁石30の磁束を、鉄心10に発生する磁束と同じか又はそれより小さくなるように規定する必要がある。永久磁石30の磁束が大き過ぎると、コイル20に通電して鉄心10を磁化しても、永久磁石30の磁束が鉄心10内で磁気ショートしてしまい、永久磁石30の磁束を有効に使えない。また鉄心10の、永久磁石30の外周面を囲む部分の横断面積が小さ過ぎると、コイル20に通電しない状態において、永久磁石30の磁束が複合磁石100の外部に洩れ出すことになる。なお、鉄心10の、永久磁石30の外周面を囲む部分の横断面積の大きさは、コイル20に通電しない状態で、永久磁石30による磁束で飽和する状態又は

それに近い状態になるように規定されることが好ましい。またコイル20に通電した状態で、コイル20から発生する磁界により磁束が飽和する面積になるように規定されることが好ましい。

【0018】以上の観点から、上記複合磁石100においては、鉄心10の飽和磁束密度と永久磁石30の磁束密度とがほぼ等しい場合、永久磁石30の横断面の面積は、永久磁石30が装着された部分における鉄心10の横断面の面積を越えない範囲で、永久磁石30が装着された部分における鉄心10の横断面の面積とほぼ等しくなるように規定されている。換言すれば、永久磁石30が装着された部分における鉄心10と永久磁石30とを合わせた全横断面面積を1とすると、永久磁石30の横断面面積はほぼ $1/2$ に、また永久磁石30が装着された部分における鉄心10の横断面面積はほぼ $1/2$ に、それぞれ規定されている（永久磁石30の横断面面積は鉄心10の横断面面積を越えないように規定される）。このような構成により、コイル20に通電して鉄心10を磁化した状態において、複合磁石100の磁極面的一方（永久磁石30の一端面を含む鉄心10の一端面すなわち磁極板24の一方の外表面）から発生する磁束を1とした場合、該磁束のほぼ $1/2$ は、上記横断面面積がほぼ $1/2$ である永久磁石30から発生する磁束であり、また該磁束の他のほぼ $1/2$ は、上記横断面面積がほぼ $1/2$ である鉄心10から発生させられる磁束である。その結果、上記複合磁石100によれば、電磁石（主として鉄心10及びコイル20）及び永久磁石30のいずれをも有効に使用することが可能になる。鉄心10の飽和磁束密度が永久磁石30の磁束密度よりも高い場合は、鉄心10の、永久磁石30が装着された部分の横断面面積を小さくし、コイル20に通電していないときは、永久磁石30により磁束飽和させておく。いずれにせよ、永久磁石30から発生する磁束量とコイル20から発生する磁束量とをほぼ等しくするか、又はコイル20から発生する磁束量の方を大きく規定することが好ましい。そして鉄心10の、永久磁石30の外周面を囲む部分の横断面面積の大きさは、コイル20に通電しない状態で、永久磁石30による磁束で飽和する状態又はそれに近い状態になるように規定されることが好ましい。またコイル20に通電した状態で、コイル20から発生する磁界により磁束が飽和する面積になるように規定されることが好ましい。すなわち本発明によれば、高効率で無駄のない複合磁石100が得られる。また、複合磁石100の磁極面的一方から発生する磁束を従来と同じとした場合、コイル20の巻数を従来よりもほぼ半減でき、したがって、電磁石の磁化方向の長さ（鉄心10とコイル20の磁化方向ないし軸方向の長さ）を従来のほぼ $1/2$ に短くすることが可能になり、複合磁石100全体の構成をコンパクト化しかつ軽量化すると共に製造コストを低減させることを可能にする。もちろんコイル20へ通電する電

流値も少なくなる。

【0019】上記複合磁石100においては、永久磁石30は少なくともその外周面（図示の実施形態においては外周面及び他端面）が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着されるよう構成されているので、コイル20に通電して鉄心10を磁化したときに、鉄心10に生成された磁束を鉄心10の磁極面の一方であるN極に十分効率的に集めることが可能になった。すなわち、永久磁石30はその外周面が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着されているので、鉄心10の外周縁部には鉄心10の磁化方向の一端から他端にわたって連続した磁気流路が形成される。その結果、鉄心10の外周縁部に生成された磁束の実質上全てを、鉄心10の磁極面的一方であるN極まで所望のとおり効率的に導くことが可能になった。また鉄心10の外周縁部は、鉄心10の磁化方向の一端から他端にわたって、コイル20に対し半径方向に近い一定の位置に存在するので、コイル20の通電に対応した磁束を効果的に発生させることが可能になる。したがってコイル20に通電して鉄心10を磁化したときに、鉄心10に十分効率的に磁束を発生させることができるので、電磁石の性能を十分に活用することが可能になる。また、永久磁石30は少なくともその外周面が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着される構成に起因して、先に述べたように永久磁石30の横断面面積を所要のとおり十分に大きくすることが可能となり、永久磁石30を有効に使用することが可能になった。その結果、本発明によれば、電磁石及び永久磁石30のいずれをも有効に使用することが可能になった。

【0020】本発明によれば、永久磁石30はその外周面が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着されているので、永久磁石30の横断面面積を従来におけるよりも相当大きくすることが可能になる。永久磁石30がその外周面が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着されていること及び永久磁石30の横断面面積を従来におけるよりも相当大きくすることが可能になることに起因して、先に述べたように、着磁前の永久磁石30を鉄心10に組付後、着磁のために磁化力を加えても、永久磁石30に所要のとおり十分な着磁を施すことが可能になり、永久磁石30の鉄心10に対する組付作業が容易となる。永久磁石30が、その外周面が鉄心10に囲まれるよう鉄心10の内部に装着される構成に起因して、永久磁石30の横断面形状を、円形あるいは矩形といった単純な形状にすることが可能になりしかも、鉄心10の外周縁部に従来におけるような溝加工を施す必要がなく、鉄心10の一端面に一端閉塞孔11を切削により容易に加工することができるので、複合磁石100の製造コストを低減させることが可能になる。更にはまた、上記複合磁石100においては、永久磁石30の長さを比較的短くすることが可能になるので、材料の無駄

がなくなり、材料費（永久磁石30の材料費）を低減することが可能になる。永久磁石30として、例えば、Nd-Fe-B系の強力な磁力を有する永久磁石から構成した場合には、鉄心10の軸方向長さに対して従来におけるよりもその長さ及び全体の大きさを著しく短くかつ小さくすることが可能になり、上記複合磁石100全体の構成を従来におけるよりも大幅にコンパクト化することが可能になる。

【0021】上記実施形態において、鉄心10、ボビン22、一端閉塞孔11及び永久磁石30の横断面はそれぞれ円形状に形成され、永久磁石30は、鉄心10と共通の軸線上に形成された一端閉塞孔11に嵌合装着されている。この実施形態に代えて、鉄心10の軸線に対して若干偏心した位置に一端閉塞孔11を形成し、この一端閉塞孔11に永久磁石30を嵌合装着する他の実施形態もある。また、鉄心10、ボビン22、一端閉塞孔11及び永久磁石30の横断面も円形状に限定されるものではなく、それぞれほぼ矩形形状（角部の各々に円形の面取りが施されていることが好ましい）に形成する他の実施形態もあれば、一方が矩形形状で他方が円形状であるように組合せる更に他の実施形態もあれば、その他の形状及びそれらを組み合わせた、更に他の実施形態もある。いずれにしても、製造が容易でコンパクトな形状であることが好ましいが、複合磁石100が使用される、図示しない装置、機器における装着スペースに対応して、それらの形状が設定されることになる。なお、磁極板24の各々の形状についても同じことがいえる。更にはまた、コイル20全体の横断面形状も、ボビン22の横断面の形状に対応して適宜に設定されることはいうまでもない。以上述べたような変形の可能性は、後に説明する複合磁石100の他の実施形態における各構成部品においても、同様に存在するものである。

【0022】上記実施形態において、永久磁石30は鉄心10の一端部に1個装着されているが、これに代えて他端部に1個、同様にして装着する他の実施形態（図示せず）もある。この実施形態においては、鉄心10の他端部に、図1及び図2に示されるのと同様な一端閉塞孔11が形成され、永久磁石30はこの一端閉塞孔11に嵌合装着される。また永久磁石30を、鉄心10の一端部及び他端部にそれぞれ1個づつ（合計2個）、同様にして装着する他の実施形態もあるが（図5参照）、この実施形態においては、鉄心10の一端部及び他端部に、図1及び図2に示されるのと同様な一端閉塞孔11が形成され、永久磁石30はこの一端閉塞孔11の各々に嵌合装着される。永久磁石30の各々の磁極は、図5に示される実施形態においては、それぞれ鉄心10の磁化の方向に合わせて、図5において左端面がN極、右端面がS極となるよう配置されている。この複合磁石100は、永久磁石30の数が1個増えたことにより、図1～図4を参照して説明した複合磁石100よりも一層強力

な磁力を得ることが可能になる。

【0023】図6には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図6に示されている複合磁石100において、鉄心10は磁化方向の中間部において横断面に沿って二つの鉄心10Aに2分割されている。永久磁石30は、鉄心10Aの各々の相互に対向する一端部間に跨がって装着されている。更に具体的に説明すると、鉄心10Aの各々の相互に対向する一端部には、先の実施形態におけると同じような一端閉塞孔11が形成され、永久磁石30は、鉄心10Aの各々の一端閉塞孔11内に実質上密着して挿入されている。鉄心10Aの各々の他端は、図1に示されている実施形態におけると同じとおりにして磁極板24により覆われている。鉄心10Aの各々は、図示はされていないが、磁極板24の各々と共に相互に図示しない複数のボルトにより共締めされている。この複合磁石100は、永久磁石30が鉄心10の磁化方向の中間部内に配置されているので、先の実施形態におけるよりもダストや水の侵入を受けにくく、永久磁石30に対するシール性が向上し、永久磁石30の寿命を一層長くすることができる。また永久磁石30の磁力が鉄心10Aの各々の軸方向にバランスされる。

【0024】図7には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図7に示されている複合磁石100においては、鉄心10が磁化方向の中間部において横断面に沿って二つの鉄心10Aに2分割され、永久磁石30が、鉄心10Aの各々の相互に対向する一端部間に跨がって装着されている。この構成は、図6に示されている実施形態と実質上同じであるが、鉄心10Aの各々の他端には、磁極部12が半径方向外側に延び出すように一体に形成されている。磁極部12の各々の構成は、対応する鉄心10Aの他端に一体に形成されていることを除いては、磁極板24と実質上同じである。鉄心10Aの各々は、図示はされていないが、相互に図示しない複数のボルトにより共締めされている。この実施形態においては、磁極部12の各々が対応する鉄心10Aの他端に一体に形成されているので、図6に示されている実施形態よりも部品点数が少なくなり、組付作業が一層簡単となる。

【0025】なお、図5、図6及び図7に示されている複合磁石100において、先に説明した以外のその他の基本的構成は、図1～図4を参照して説明した複合磁石100と実質上同じであり、したがって、それぞれ、図1～図4を参照して説明した複合磁石100と実質上同じ作用効果を得ることができることはいうまでもない。

【0026】図8には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図8に示されている複合磁石100において、鉄心10には磁化方向に延在する貫通孔13が形成されている。円形の内周面を有する貫通孔13は、鉄心10と共通の軸線上に存在するよう同心に形成

されている。貫通孔13の一端部(図8において左端部)には、永久磁石30が配置されている。貫通孔13の、永久磁石30が配置された領域以外の他の領域にはパー部材40が配置されている。残留磁束がほとんど残らない材料である磁性材料から形成されているパー部材40は円形の外周面を有しており、パー部材40の軸方向の両端面は、軸線に直交する平面と一致するよう形成されている。パー部材40の直径と永久磁石30の直径とは実質上同じに形成されているが、貫通孔13の内径より小さく形成されている。永久磁石30の一端面は鉄心10の一端面と実質上同一面上に位置付けられ、永久磁石30の他端面はパー部材40の一端面に実質上密着させられ、パー部材40の他端面は鉄心10の他端面と実質上同一面上に位置付けられる。鉄心10の一端及び他端には磁極板24が、図1～図4を参照して説明した先の実施形態と同じおりにして取り付けられている。永久磁石30及びパー部材40の外周面と貫通孔13の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって円筒形状をなす隙間、すなわち非磁性領域が形成されている。この円筒形状をなす非磁性領域には、非磁性中空部材50(円筒部材50)が実質上密着して挿入されている。非磁性中空部材50は、アルミニウム、オーステナイト系のステンレス、耐熱性合成樹脂等の非磁性材料から形成されている。

【0027】図9には、図8に示されている複合磁石100において、コイル20に通電されない状態における磁束線が模式的に示されている。永久磁石30の磁束は、磁極板24の一方、鉄心10、磁極板24の他方及びパー部材40内に形成されるループ状の磁気回路の流れ、外部への漏れは実質上防止される。また図10には、図8に示されている複合磁石100において、コイル20に通電された状態における磁束線の様子が模式的に示されている。コイル20に通電されると、鉄心10の上記一端面(したがって磁極板24の一方)がN極、鉄心10の上記他端面(したがって磁極板24の他方)がS極となるよう磁化される。その結果、鉄心10に発生した磁束と永久磁石30の磁束とが複合された磁界が形成される。上記説明から容易に理解されるように、図8に示されている複合磁石100は、コイル20に通電されない状態において、永久磁石30の磁束が、コイル20の内側に存在する鉄心10及びパー部材40のほぼ全域にわたって流れているので(図9参照)、コイル20に通電されたとき、コイル20により発生させられる磁束に影響され易く、比較的長さの短い永久磁石30を使用したとしても、該永久磁石30の磁束が短絡することなく、有効に使用される。したがって、この実施形態においては、特に優れた磁気特性を有するNd-F-B系の永久磁石30であって比較的長さの短い永久磁石30を使用することが可能になり、材料費を節約しながら最大の効果を発揮させることができ、実用上、有用で

ある。図8に示されている複合磁石100のその他の基本的構成は、図1～図4を参照して説明した複合磁石100と実質上同じであり、したがって、図1～図4を参照して説明した複合磁石100と実質上同じ作用効果を得ることができる。

【0028】図8に示されている複合磁石100において、永久磁石30及びパー部材40の外周面と貫通孔13の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって円筒形状をなす非磁性領域が形成され、該非磁性領域には、その軸方向の全領域にわたって非磁性中空部材50が挿入されている。換言すれば、該非磁性領域は、その軸方向の全領域にわたって挿入された非磁性中空部材50により形成されている。しかしながらこの実施形態に代えて、該非磁性領域を、軸方向の全領域にわたって形成された円筒形状の中空部(すなわち円筒形状のエアギャップ)のみにより形成する、他の実施形態もある(非磁性中空部材50を挿入しない形態)。この他の実施形態においては、永久磁石30及びパー部材40を安定して保持するための工夫が必要であり、後に図17を参照して具体的に説明する。なお、図8に示される複合磁石100の実施形態において、永久磁石30は、鉄心10の一端部に1個装着されているが、これに代えて他端部に永久磁石30を1個、同様にして装着する他の実施形態(図せず)もある。

【0029】図11～図20には、図8に示されている複合磁石100の他の実施形態が示されている。これらの実施形態における基本的構成は、図8に示されている複合磁石100と実質上同じであり、したがって実質上同じ作用効果を得ることができる。以下、図示の順に各複合磁石100について説明する。

【0030】図11及び図12には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図11に示されている複合磁石100においては、図8に示される複合磁石100における鉄心10が、軸心を通りかつ軸心に沿って延在する一つの平面上において、実質上共通の部品からなる二つの鉄心10Bに2分割されるよう構成されている。この構成によれば、非磁性中空部材50と鉄心10との組付性が、図8に示されている複合磁石100におけるよりも一層容易となる。その他の構成は、図8に示されている複合磁石100と実質上同じである。

【0031】図13には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図13に示されている複合磁石100においては、図8に示される複合磁石100における鉄心10の両端部に、永久磁石30が1個づつ装着されている。この構成によれば、図8に示されている複合磁石100におけるよりも一層強力な磁力が得られる。その他の構成は、図8に示されている複合磁石100と実質上同じである。

【0032】図14には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図14に示されている複合磁石

100においては、図8に示される複合磁石100における鉄心10の軸方向の中間部に、永久磁石30が1個装着されている。したがって、非磁性中空部材50に嵌合されるパー部材40は、二つの実質上共通の部品からなるパー部材40Aに分割されている。この構成によれば、永久磁石30が非磁性中空部材50の軸方向の中間部に配置されているので、図8に示されている複合磁石100におけるよりもダストや水の侵入を受けにくく、永久磁石30に対するシール性が向上し、永久磁石30の寿命を一層長くすることができる。また、永久磁石30の磁力がパー部材40Aの各々の軸方向において好適にバランスされる。その他の構成は、図8に示されている複合磁石100と実質上同じである。

【0033】図15には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図15に示されている複合磁石100においては、図8に示される複合磁石100における鉄心10の他端に取り付けられる磁極板24が鉄心10と一体に形成されて、磁極部12を構成している。したがって、鉄心10には、軸方向に延在しかつ一端が鉄心10の一端に開口し他端が閉塞された一端閉塞孔14が形成されている。円形の内周面を有する一端閉塞孔14は、鉄心10と共通の軸線上に存在するよう同心に形成され、鉄心10の一端から他端（一体に形成された磁極部12によって閉塞された他端）にわたって延在するよう形成されている。一端閉塞孔14の開口端部には永久磁石30が配置され、一端閉塞孔14の、永久磁石30が配置された領域以外の他の領域には強磁性材料からなるパー部材40が配置されている。鉄心10の一端には磁極板24が取り付けられている。永久磁石30及びパー部材40の外周面と一端閉塞孔15の内周面との間には、軸方向の実質上全領域にわたって円筒形状をなす隙間、すなわち非磁性領域が形成されている。この円筒形状をなす非磁性領域には、非磁性中空部材50（円筒部材50）が実質上密着して挿入されている。この構成によれば、図8に示される複合磁石100と比較して、磁極板24が1個少なくなる分、部品点数が少なくなり、また非磁性中空部材50及びパー部材40に対するシール性が向上する。その他の構成は、図8に示されている複合磁石100と実質上同じである。

【0034】図16には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図16に示されている複合磁石100において、鉄心10には軸方向に延在しかつ一端が鉄心10の一端に開口し他端が閉塞された一端閉塞孔14が形成されている。円形の内周面を有する一端閉塞孔14は、鉄心10の一端から他端部にわたって延在するよう形成されている。図15に示されている複合磁石100においては一端閉塞孔14は、一端から他端まで延在しているのに対し、図16に示されている複合磁石100においては、若干短く形成されている。鉄心10の一端及び他端には磁極板24が取り付けられている。

その他の構成は、図15に示されている複合磁石100と実質上同じである。この構成によれば、図8に示される複合磁石100におけると同様に、非磁性中空部材50及びパー部材40に対するシール性が向上する。

【0035】図17には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図17に示されている複合磁石100において、磁極板24の一方及び他方の内側面には凹部25が形成されている。凹部25の各々は円形の横断面を有しかつ軸方向に一定の深さを有するよう形成されている。凹部25の各々は貫通孔13と共通の軸線上に位置付けられ、各々の直径は永久磁石30及びパー部材40の直径とほぼ同じに形成されているが、貫通孔13の直径よりも小さく形成されている。貫通孔13の一端部には永久磁石30が配置されている。貫通孔13の一端部に配置された永久磁石30の磁極面的一方を含む一端部は、磁極板24の一方の凹部25にほぼ密着して嵌合される。永久磁石30の磁極面の他方には凹部32が形成されている。永久磁石30と共通の軸線上に位置付けられている凹部32は、円形の横断面を有しかつ軸方向に一定の深さを有するよう形成されている。パー部材40の一端面には軸方向外側に延び出す凸部42が形成されている。パー部材40と共通の軸線上に位置付けられているパー部材40の凸部42は、円形の横断面を有しかつ軸方向に一定の高さを有するよう形成されている。凸部42の直径は永久磁石30の凹部32の内径とほぼ同じに形成され、凸部42の軸方向の高さは永久磁石30の凹部32の軸方向の深さとほぼ同じに形成されている。パー部材40の凸部42は永久磁石30の凹部32にほぼ密着して嵌合され、パー部材40の他端部は磁極板24の他方の凹部25にほぼ密着して嵌合されている。永久磁石30及びパー部材40の外周面と貫通孔13の内周面との間には軸方向の実質上全領域にわたって円筒形状をなす中空部、すなわち非磁性領域Aが形成されている。この非磁性領域Aは円筒形状をなす隙間、すなわち円筒形状のエアギャップのみにより形成されている。

【0036】図17に示されている複合磁石100においては、上記したように、永久磁石30の一端部が磁極板24の一方の凹部25に嵌合され、パー部材40の一端部の凸部42が永久磁石30の磁極面の他方の凹部32に嵌合され、パー部材40の他端部が磁極板24の他方の凹部25に嵌合されるよう構成されているので、永久磁石30及びパー部材40は、永久磁石30及びパー部材40の外周面と貫通孔13の内周面との間に円筒形状をなす隙間Aを保持しながら、磁極板24の各々間に安定して保持される。なお、図17に示される複合磁石100において、永久磁石30は、鉄心10の一端部に配置されているが、これを他端部に配置する他の実施形態もあるし、両端部に配置する更に他の実施形態もある（いずれも図示せず）。図17に示される複合磁石100

0においては、図8に示される複合磁石100と比較して、非磁性中空部材50が存在しないので、部品点数が少なく、より低コストで製造できる。なお、もちろん、非磁性領域Aに上記非磁性中空部材50を嵌合装着する他の実施形態も成立する。

【0037】図18には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図18に示されている複合磁石100において、鉄心10の貫通孔13の一端部には貫通孔13よりも内径の大きな大径部15が形成されている。大径部15は、貫通孔13と共通の軸線上に位置付けられ、その軸方向長さは、鉄心10の貫通孔13の一端部領域の範囲に止まる短い長さに形成されている。大径部15には非磁性中空部材52が嵌合装着されている。非磁性中空部材52は、先に説明した非磁性中空部材50と同じ材料で形成され、その軸方向長さは大径部15の軸方向長さとはほぼ同じに形成されている。磁極板24の他方の内側面には凹部25が形成されている。凹部25は図17に示されている複合磁石100における凹部25と実質上同じ構成を有している。非磁性中空部材52の一端部側には、非磁性中空部材52よりも軸方向長さの短い永久磁石30がほぼ密着して嵌合されている。また非磁性中空部材52の他端部側にはパー部材40の一端部がほぼ密着して嵌合され、パー部材40の他端部は磁極板24の他方の凹部25にほぼ密着して嵌合されている。永久磁石30の他端面とパー部材40の一端面とはほぼ密着させられている。パー部材40の、非磁性中空部材52に嵌合された一端部以外の残りの領域の外周面と、これに対応する貫通孔13の内周面との間には円筒形状をなす中空部、すなわち非磁性領域Aが形成されている。この非磁性領域Aは円筒形状をなす隙間、すなわち円筒形状のエアギャップのみにより形成されている。

【0038】図18に示されている複合磁石100においては、上記したように、永久磁石30、及びパー部材40の一端部は、大径部15と磁性板24の一方により半径方向及び軸方向の移動がしっかりと保持された非磁性中空部材52に嵌合され、パー部材40の他端部は磁性板24の他方の凹部25に嵌合されるよう構成されているので、永久磁石30及びパー部材40は、パー部材40の、非磁性中空部材52に嵌合された一端部以外の残りの領域の外周面と、対応する貫通孔13の内周面との間に円筒形状をなす隙間Aを保持しながら、磁極板24の各々間に安定して保持される。なお、図18に示される複合磁石100において、永久磁石30は、鉄心10の一端部に配置されているが、これを他端部に同様にして配置する他の実施形態もあるし、両端部に同様にして配置する更に他の実施形態もある（いずれも図示せず）。図18に示される複合磁石100においては、図8に示される複合磁石100と比較して、非磁性中空部材52が短くてすむので、より低コストで製造できる。

【0039】図19には、複合磁石100の更に他の実施形態が示されている。図19に示されている複合磁石100において、鉄心10には、図16に示されている複合磁石100におけると同様な一端閉塞孔14が形成されている。また鉄心10における、一端閉塞孔14の閉塞端には凹部16が形成されている。凹部16は、図17に示されている複合磁石100における凹部25と実質上同じ構成を有している。鉄心10の一端閉塞孔14の一端部には一端閉塞孔14よりも内径の大きな大径部15が形成されている。図18に示されている複合磁石100におけると同じ構成を有するように形成された大径部15には、図18に示されている複合磁石100におけると同様に非磁性中空部材52が嵌合装着されている。非磁性中空部材52は、先に説明した非磁性中空部材50と同じ材料で形成されている。非磁性中空部材52の一端部側には永久磁石30がほぼ密着して嵌合され、また非磁性中空部材52の他端部側にはパー部材40の一端部がほぼ密着して嵌合されている（以上の構成は、図18に示されている複合磁石100におけると同じである）。そしてパー部材40の他端部は、一端閉塞孔14の凹部16にほぼ密着して嵌合されている。永久磁石30の他端面とパー部材40の一端面とはほぼ密着させられている。パー部材40の、非磁性中空部材52に嵌合された一端部以外の残りの領域の外周面と、対応する一端閉塞孔14の内周面との間には円筒形状をなす中空部、すなわち非磁性領域Aが形成されている。この非磁性領域Aは円筒形状をなす隙間、すなわち円筒形状のエアギャップのみにより形成されている。

【0040】図19に示されている複合磁石100においては、上記したように、永久磁石30及びパー部材40の一端部は、大径部15と磁性板24の一方により半径方向及び軸方向の移動がしっかりと保持された非磁性中空部材52に嵌合され、パー部材40の他端部は、鉄心10における、一端閉塞孔14の閉塞端に形成された凹部16に嵌合されるよう構成されているので、永久磁石30及びパー部材40は、パー部材40の、非磁性中空部材52に嵌合された一端部以外の残りの領域の外周面と、対応する一端閉塞孔14の内周面との間に円筒形状をなす隙間Aを保持しながら、磁極板24の一方と鉄心10内の凹部16との間に安定して保持される。図19に示される複合磁石100においては、図8に示される複合磁石100と比較して、非磁性中空部材52が短くてすむので、より低コストで製造できる。なお、図20には、図19に示されている複合磁石100を更に簡略化した構成が示されている。すなわち、図20に示されている複合磁石100においては、図19に示されている複合磁石100におけるパー部材40を省略しかつ永久磁石30の軸方向長さを非磁性中空部材52と一致させると共に一端閉塞孔14の軸方向長さを永久磁石30及び非磁性中空部材52の軸方向長さとは一致するよう

短く形成したものである。このような簡単な構成においても本発明は成立するものである。

【0041】上記した、本発明による、電磁石と永久磁石の複合磁石100は、種々の装置、機器類に適用可能であるが、例えば、車両、特にトラック等の大型車両のメインブレーキであるフットブレーキを補助するのに使用されている渦電流式減速装置に好適に使用することができる。図21及び図22には、本発明による複合磁石100の実施形態を備えた渦電流式減速装置の実施形態の要部が示されている。トランスミッションの出力軸（図示せず）には、軸方向に間隔をおいて一対の制動ディスク60が相互に一体に回転しうよう装着されている。適宜の磁性材料から形成されている制動ディスク60の各々間には環状の静止支持枠62が配設されている。静止支持枠62は図示しないトランスミッションケースに固定されている。この静止支持枠62に、本発明による複合磁石100が周方向に間隔をおいて複数個、装着されている。図示の渦電流式減速装置においては、図1に示されている複合磁石100が配設されている。複合磁石100の各々の磁極板24の軸方向外側面は、対応する制動ディスク60の軸方向内側面に隙間をおいて対向するよう位置付けられている。複合磁石100の各々は、周方向に隣合う磁極（磁極板24の各々により構成される磁極）が互いに異極となるように配列されている。複合磁石100の各々のコイル20に通電されると、制動ディスク60の各々間及び複合磁石100の各々間に磁気回路が形成され（図22参照）、制動ディスク60の各々に対する制動が作動させられる。本発明による複合磁石100は、先に述べたように軸方向の長さを従来よりも短くすることが可能であるので、制動ディスク60の各々間の間隔を短くすることができ（最大、従来のほぼ1/2）、スペース上有利である。また、本発明による複合磁石100は、上記の他に、先に述べたとおりの、様々な特徴ある作用効果を有しているので、該複合磁石100を備えた渦電流式減速装置は、それらの特徴を享受できるものである。

【0042】図23及び図24には、本発明による複合磁石100の実施形態を備えた渦電流式減速装置の他の実施形態の要部が示されている。トランスミッションの出力軸（図示せず）には、制動ドラム70が装着されている。適宜の磁性材料から形成されている制動ドラム70の半径方向内側には、静止支持筒72が配設されている。適宜の磁性材料から形成されている静止支持筒72は、図示しないトランスミッションケースに固定されている。静止支持筒72の外周面には本発明による複合磁石100が周方向に間隔をおいて複数個、装着されている。図示の渦電流式減速装置においては、図1に示されている複合磁石100が配設されている。複合磁石100の各々において、磁極板24の一方の外側面は、制動ドラム70の内周面に隙間をおいて対向するよう位置付

けられている。なお、複合磁石100の各々において、磁極板24の他方は除去され、鉄心10の端面が静止支持筒72の外周面に直接取り付けられるよう構成されている。複合磁石100の各々は、周方向に隣合う磁極（磁極板24により構成される磁極）が互いに異極となるよう配列されている。図示の実施形態においては、永久磁石30は、複合磁石100の各々においていずれも半径方向外側端部に配置され、周方向に隣合う磁極が相互に異極となるように配置されている。複合磁石100の各々のコイル20に通電されると、制動ドラム70、静止支持筒72及び複合磁石100の各々間に磁気回路が形成され（図24参照）、制動ドラム70に対する制動が作動させられる。本発明による複合磁石100は、先に述べたように軸方向の長さを従来よりも短くすることが可能であるので、制動ドラム70の内径を短縮することができ、スペース上有利である。また、本発明による複合磁石100は、上記の他に、先に述べたとおりの、様々な特徴ある作用効果を有しているので、該複合磁石100を備えた渦電流式減速装置は、それらの特徴を享受できるものである。

【0043】なお、図25には、本発明による複合磁石100の実施形態を備えた渦電流式減速装置の更に他の実施形態の要部が示されているが、この実施形態は図23及び図24に示されている渦電流式減速装置の変形例である。図25における複合磁石100の各々において、永久磁石30は、周方向に交互に、半径方向外側端部、半径方向内側端部に配置され、周方向に隣合う磁極の向きが相互に異極となるように配置されている。その他の構成は、図23及び図24に示されている渦電流式減速装置におけると実質上同じである。この実施形態においても、図23及び図24に示されている渦電流式減速装置におけると実質上同じ作用効果が達成される。以上、図1に示されている電磁石と永久磁石の複合磁石100を、渦電流式減速装置に適用した実施形態の一部について説明したが、図1に示されている複合磁石100以外の他の実施形態についても、上記したと同様にして渦電流式減速装置に適用することは容易に可能である。

【0044】以上、本発明を実施形態に基づいて添付図面を参照しながら詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱することなく、更に他の種々の変形あるいは修正が可能である。

【0045】

【発明の効果】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石によれば、電磁石及び永久磁石のいずれをも有効に使用することを可能にする。また、コイルに通電時に磁極面の一方から発生する磁束が同じとした場合、電磁石の磁化方向の長さを従来よりも短くすることを可能にする。更にはまた、全体の構成をコンパクト化しかつ軽量化すると共に製造コストを低減させることを可能にす

る。更にはまた、着磁前の永久磁石を鉄心に組付後、永久磁石に所要のとおり十分な着磁を施すことを可能にして永久磁石の鉄心への組付作業を容易化することができる。更にはまた、永久磁石の断面形状を単純な形状にすることができしかも鉄心の外周縁部の周方向の一部に溝加工を施す必要もなく、比較的低コストで製造することを可能にする。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 2】図 1 に示す複合磁石において、鉄心の、永久磁石が装着された部分における横断面図。

【図 3】図 1 に示す複合磁石において、コイルに通電していないときの磁束の状態を示す説明図であって、図 1 と同様な縦断面概略図。

【図 4】図 1 に示す複合磁石において、コイルに通電したときの磁束の状態を示す説明図であって、図 1 と同様な縦断面概略図。

【図 5】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 6】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 7】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 8】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 9】図 8 に示す複合磁石において、コイルに通電していないときの磁束の状態を示す説明図であって、図 8 と同様な縦断面概略図。

【図 10】図 8 に示す複合磁石において、コイルに通電したときの磁束の状態を示す説明図であって、図 8 と同様な縦断面概略図。

【図 11】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 12】図 11 に示す複合磁石において、鉄心の、非磁性中空部材が装着された部分における横断面図。

【図 13】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 14】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の

更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 15】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 16】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 17】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 18】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

10 【図 19】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 20】本発明による電磁石と永久磁石の複合磁石の更に他の実施形態を示す縦断面概略図。

【図 21】本発明による複合磁石の実施形態を備えた渦電流式減速装置の実施形態の要部を示す縦断面概略図。

【図 22】図 21 に示されている渦電流式減速装置の要部の展開図。

20 【図 23】本発明による複合磁石の実施形態を備えた渦電流式減速装置の他の実施形態の要部を示す縦断面概略図。

【図 24】図 23 に示されている渦電流式減速装置の要部の横断面概略図。

【図 25】本発明による複合磁石の実施形態を備えた渦電流式減速装置の他の実施形態の要部を示す横断面概略図。

【符号の説明】

- 10 鉄心
- 11、14 一端閉塞孔
- 12 磁極部
- 13 貫通孔
- 15 大径部
- 20 コイル
- 24 磁極板
- 30 永久磁石
- 40 パー部材
- 50、52 非磁性中空部材
- 100 電磁石と永久磁石の複合磁石
- A 非磁性領域（隙間）

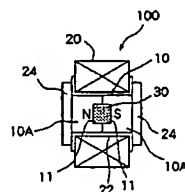
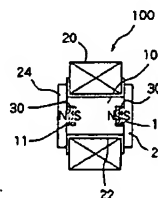
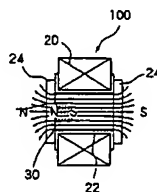
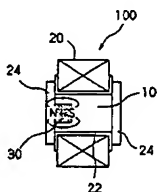
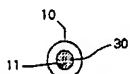
【図 2】

【図 3】

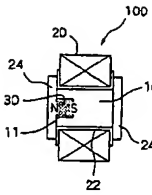
【図 4】

【図 5】

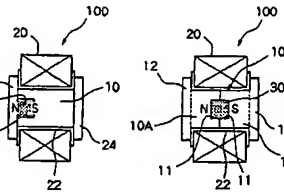
【図 6】



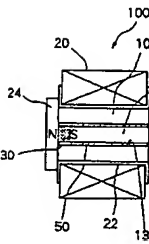
【図1】



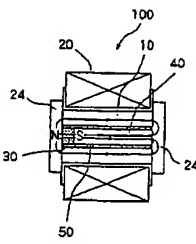
【図7】



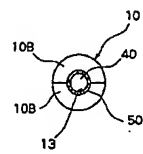
【図8】



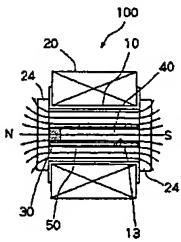
【図9】



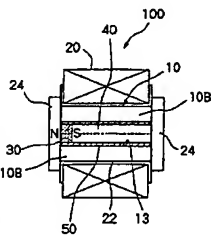
【図12】



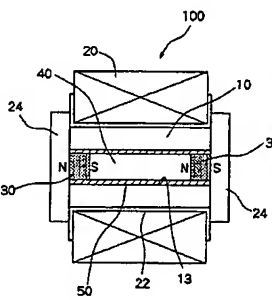
【図10】



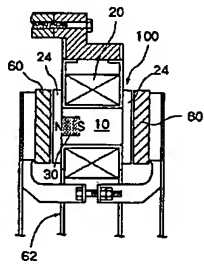
【図11】



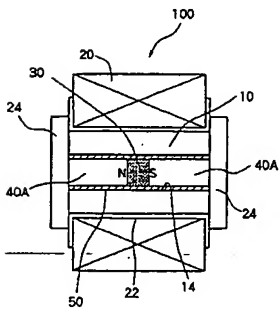
【図13】



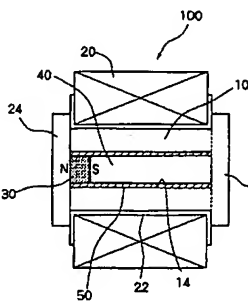
【図21】



【図14】



【図15】



【図16】

